

## EXTRACCIÓN LOCALIZADA: Una solución efectiva para controlar los nuevos riesgos higiénicos emergentes



✉ A. M. Martín Gómez.  
✉ F. Aguayo González.  
✉ J. R. Lama Ruiz.  
Escuela Politécnica Superior

### INTRODUCCIÓN

**E**l campo de la prevención de riesgos laborales está en continua actualización, debiendo adaptarse a las nuevas circunstancias que se plantean en el ámbito empresarial. La incorporación de nuevas tecnologías, el cambio de los sectores productivos tradicionales, la gran presencia de las PYME y la itinerancia en los puestos de trabajo, hacen que surjan nuevos riesgos a los que han de enfrentarse los trabajadores. El objetivo de la prevención es velar porque estos riesgos sean identificados y controlados de forma efectiva.

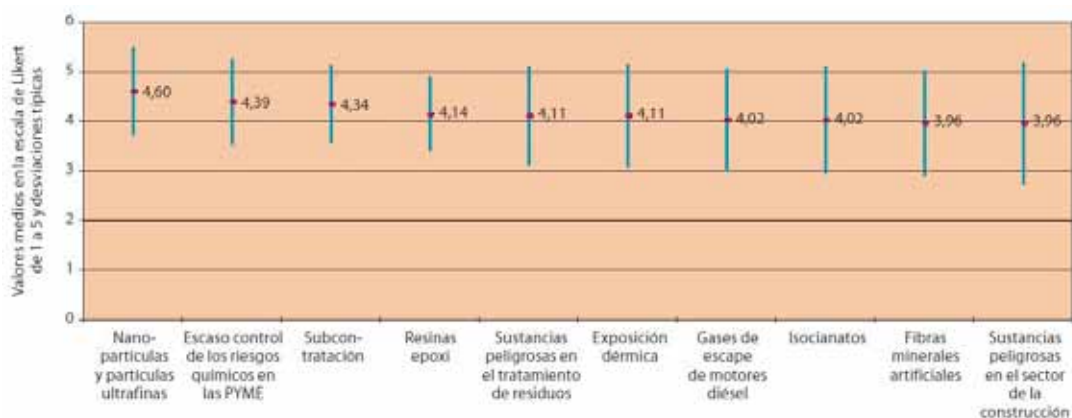


Figura 1. Los diez riesgos químicos emergentes más importantes. Observatorio de riesgos.

En la industria podemos encontrar multitud de procesos en los que los agentes ambientales pueden afectar a la salud del trabajador en su puesto de trabajo. De los tres grupos en los que se clasifican estos agentes (físicos, químicos o biológicos) nos centraremos en aquellos en cuyo modo de controlarlos está relacionado con la ventilación y la extracción localizada, como es el caso de los agentes químicos. Este grupo de agentes están presentes de modo muy significativo en la industria, al ser generados en diversos procesos en forma de vapores, nieblas, gases, humos, polvos tóxicos y nocivos que pueden deteriorar muy negativamente la salud de los trabajadores.

El texto que se presenta pretende ofrecer una visión de los riesgos higiénicos emergentes a los que están sometidos los trabajadores. Así, como las diferentes técnicas de extracción localizada existentes para los diferentes casos de aplicación. Finalmente se expone un caso práctico de aplicación basado en la extracción localizada de un puesto de trabajo en el que existen en el aire nanopartículas en suspensión.

## RIESGOS HIGIÉNICOS

El Observatorio de Riesgos, creado por la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA), tiene la misión de detectar riesgos nuevos y emergentes en lo relacionado con la seguridad y salud en el trabajo, con el fin de adelantarse a los cambios laborales y a aumentar la validez de las medidas preventivas.

El último informe sobre riesgos nuevos y emergentes del Observatorio de Riesgos indica que existen diez grupos principales de sustancias químicas que

pueden afectar gravemente a la salud del trabajador. Dentro de este grupo aparecen sustancias nuevas en continua evolución, cuyos riesgos siguen siendo objeto de investigación, y sustancias ya existentes cuyos últimos estudios muestran el efecto nocivo que pueden presentar en el ámbito laboral.

A continuación se exponen los diez grupos principales de riesgos higiénicos en el ámbito químico [1], enunciados de mayor a menor riesgo según la escala de Likert, Figura 1.

**Nanopartículas.** La nanotecnología es la ciencia de lo pequeño. Abarca la investigación y las aplicaciones de los nanomateriales, incluyendo dentro de éstos los nuevos materiales con unas dimensiones inferiores a los 100 nanómetros. Están presentes en multitud de procesos como son las tecnologías de la información, biomedicina, tecnología energética, agricultura, nutrición, cosméticos y tecnología militar. Puesto que la nanotecnología es relativamente reciente se desconoce exactamente el alcance de daño que pueden provocar las nanopartículas, aunque existen indicadores de que puede ocasionar toxicidad, efectos autoinmunitarios, alteración de las estructuras proteicas, efectos cardiopulmonares y cánceres.

**Control químico en PYME.** El escaso control de riesgos químicos en las PYME se presenta como el segundo riesgo emergente de mayor importancia. Puesto que las PYME representa más del 98% del conjunto de empresas de la Unión Europea. La falta de información sobre prevención de riesgos y el bajo nivel de conciencia sobre la materia en las empresas está provocando una situación que debe ser remediada.

**Subcontratación.** La externalización de las actividades por parte de la empresa matriz y la subcontra-

El gran número de agentes contaminantes que están presentes en los puestos de trabajo de la construcción, la dificultad para su evaluación y control, y la cada vez menor cualificación de los trabajadores del sector, hace que los contaminantes presentes en dichos ambientes adquieran un mayor grado de peligrosidad

tación de actividades (por ejemplo limpieza y mantenimiento) incrementa los riesgos a los que se ven sometidos los trabajadores subcontratados. Motivado principalmente por el escaso conocimiento, que poseen en su mayoría, sobre sustancias y productos químicos peligrosos existentes en su puesto de trabajo y a la itinerancia en los mismos.

Resinas epoxi. La continua investigación en la mejora de las características de las resinas epoxi (para la fabricación de pinturas, revestimientos, adhesivos, etc.) hace que puedan aparecer nuevos riesgos para la salud. Encontrándose la dermatitis alérgica, irritación del tracto respiratorio y de los ojos, e incluso asma entre los principales efectos nocivos que provocan.

Sustancias peligrosas en el tratamiento de residuos. Las inadecuadas condiciones higiénicas a las que se ven a veces sometidos los trabajadores durante las actividades de tratamiento de residuos, hacen que estén expuestos a sustancias peligrosas, incluyendo altos niveles de polvo, aerosoles y compuestos orgánicos volátiles.

Exposición dérmica. Ocupa el segundo lugar en las enfermedades profesionales más comunes en la Unión Europea. Los productos químicos son los causantes de la mayor parte de este tipo de afecciones. Sin embargo, no se dispone actualmente de ningún procedimiento científico demostrado para evaluar la exposición de la piel a sustancias peligrosas. Por lo que el control de los factores de riesgo es de vital importancia en esta materia.

Gases de escape de motores diesel. Los gases de escape diesel están compuestos por cientos de gases, vapores y partículas finas. La gran cantidad de motores diesel existentes en la industria, hace que este agente contaminante sea uno de los principales causantes de cáncer de pulmón y otras afecciones pulmonares.

Isocianatos. Los isocianatos son ampliamente utilizados en la fabricación de materiales de aislamiento, elastómeros, espumas, pinturas, etc. La exposición a este tipo de agentes no solo ocurre durante el proceso de fabricación sino también durante su utilización, en tareas de pintura, soldadura o abrasión de carrocerías.

Fibras minerales artificiales. Este tipo de fibras son ampliamente utilizadas para la fabricación de nuevos materiales compuestos. Las fibras son más peligrosas cuanto mayor y más delgadas son, puesto que la inhalación de este tipo de estructuras desencadena riesgos cancerígenos.

Sustancias peligrosas en el sector de la construcción. El gran número de agentes contaminantes que están presentes en los puestos de trabajo de la construcción, la dificultad para su evaluación y control, y la cada vez menor cualificación de los trabajadores del sector, hace que los contaminantes presentes en dichos ambientes adquieran un mayor grado de peligrosidad. Entre ellos podemos destacar, además de los anteriormente citados, el polvo de madera.

## Nanopartículas

La nanotecnología, gracias a la revolución que está suponiendo, está implantándose a pasos agigantados en multitud de disciplinas [2].

Los riesgos que poseen las nanopartículas y las partículas ultrafinas son especialmente considerados como riesgos emergentes por los expertos. La investigación a nivel internacional es estimada como una de las principales prioridades de la EU-OSHA.

El hecho de que la nanotecnología sea una ciencia que está en continuo desarrollo, hace que aparezcan de forma ininterrumpida nuevos materiales, los cuales presentan propiedades distintas de los mate-





Cabina de pintura de un taller de carrocería.

riales de los que fueron obtenidos. Es por ello que existe una amplia investigación en el campo de la nanotecnología [3-4] con objeto de estudiar cómo pueden afectar los nanomateriales a las personas durante todo el ciclo de vida del mismo. Desde su fabricación hasta su reciclaje.

Los riesgos que presenta la nanoquímica están recogidos en la norma ISO TC-229. Donde se exponen entre otros aspectos los protocolos de ensayos de toxicidad de nanopartículas.

A pesar de todas las investigaciones que se están realizando para conocer los efectos que producen las nanopartículas sobre la salud, no pueden identificarse completamente los riesgos. Por ello multitud de especialistas recomiendan el uso de la extracción localizada como medida de protección frente al riesgo higiénico emergente de mayor peligrosidad [5].

### Técnicas de extracción localizada

Expuestos los principales riesgos higiénicos emergentes que encontramos de forma habitual en la industria, es preciso indicar su forma de propagación en el medio. La naturaleza misma de los materiales descritos y su forma de obtención y manipulación, hace que buena parte de ellos se extiendan en forma de vapores, aerosoles, polvos y gases.

Identificado el riesgo al que se puede ver sometido el trabajador, éste ha de ser controlado mediante el uso de técnicas que garanticen su correcta eliminación. El método de control de los agentes químicos: tales como humos, gases, etc. más común en la industria es el empleo de sistemas de ventilación [6].

Existen principalmente dos técnicas de ventilación, en función de si la medida de control es colectiva (ventilación general) o individual (extracción localizada). Aunque para el caso de riesgos químicos de alta contaminación, como son los descritos, se recomienda el uso de sistemas de extracción localizada [7], puesto que elimina el contaminante en el origen, impidiendo que éste se propague a otros puestos de trabajo colindantes.

A continuación se exponen distintas variantes de los sistemas de extracción localizada que podemos encontrar en el mercado. La elección de uno u otro dependerá principalmente de las características del proceso productivo en estudio y de la exposición del trabajador al contaminante [7].

Aspiración por bajo vacío. Este tipo de aspiración consta básicamente de un aspirador y una unidad de filtración. Se emplea para capturar aire contaminado en el que existen pequeñas partículas en suspensión, ligeras y que viajan por los conductos a baja velocidad. Se caracterizan por mover elevados volú-



menes de aire (600-1.900 m<sup>3</sup>/h) y una velocidades en los conductos relativamente bajas (10-25m/s).

Aspiración por alto vacío. Los sistemas de aspiración por alto vacío son empleados para la captación de partículas pesadas como son los polvos, la viruta metálica o la limpieza en general. La mayoría de las industrias, como el sector farmacéutico, alimentario, fundiciones, etc. utilizan este tipo de sistemas para la limpieza. Se caracterizan por mover reducidos volúmenes de aire (100-250 m<sup>3</sup>/h) y unas altas velocidades de captura (25-90m/s).

Pantalla con unidad de aire fresco. Es básicamente un sistema autónomo de ventilación que el trabajador lleva incorporado sobre sí mismo. Presenta la ventaja de un aislamiento completo para el trabajador, pero en contra partida carga al trabajador con el peso del propio equipo y no elimina el contaminante del ambiente.

Extracción mediante campanas móviles. Sistema compuesto por campana de captación, conducto, filtro y aspirador. Existen multitud de formas de campana de captación en función de los requerimientos de extracción. Estos sistemas presentan la ventaja de poder aproximar lo máximo posible la boca de extracción al origen del contaminante, por lo que se impide de forma eficaz la propagación del mismo al ambiente.

Vitrinas de laboratorio. Las vitrinas se diferencian del resto de sistemas de extracción en que ofrecen un encerramiento para el proceso. En función del pro-

Las torchas de soldadura con extracción localizada permiten la absorción de humos y gases, mediante aspiración por alto vacío

ceso a encerrar y de los contaminantes a eliminar encontramos las vitrinas de sobre suelo, convencionales, de sobremesa o para almacenamiento [8].

Extracción localizada en la torcha. Las torchas de soldadura con extracción localizada permiten la absorción de humos y gases, mediante aspiración por alto vacío, en la propia pistola sin necesidad de incorporar nuevos accesorios. Existiendo en el mercado pistolas con toma de aspiración de reducido tamaño y peso.

Sistemas de extracción de gases de vehículos. Como mecanismo de control de los gases y humos generados por los motores de los vehículos en el interior de los talleres o garajes (por ejemplo, parques de bomberos), existen en el mercado soluciones, que mediante sistemas de raíles aéreos y mangueras extensibles, permitan captar estos contaminantes en el origen. Son sistemas muy efectivos. Pudiendo encontrar algunos que utilizan el propio rail como conducto de ventilación, evitando así la instalación de tuberías. En contra partida, la inversión necesaria para instalar estos sistemas es relativamente alta.

Todos estos tipos de sistemas de extracción pueden ser portátiles, caracterizándose por su reducido volumen y peso facilitando el que puedan ser utilizados en cualquier lugar de trabajo (soldadura en buques, limpieza de grandes superficies, etc.), o centralizados, de forma que se distribuye por las zonas de trabajo con riesgo un sistema de tuberías y unos aspiradores centralizados que proporcionan tomas de extracción localizada en los diferentes puntos. Existiendo en ambos casos una amplia gama de brazos de extracción para cubrir todas las necesidades, incluyendo iluminación y sistemas de arranque-paro automático.



Figura 2. Partes de un sistema de extracción localizada.

## Caso práctico de aplicación

En este apartado se expone un caso de aplicación de control de agentes químicos que se presenta con bastante frecuencia en el sector industrial.

Se considera un puesto de trabajo en el que un operario realiza tareas de tratamiento manual de materiales, encontrándose expuesto a la inhalación de nanopartículas que existen en suspensión en el aire. Concretamente nanoaluminio y nanoplata.

El objetivo es diseñar y calcular un sistema de extracción localizada para controlar los humos generados en el proceso. El sistema consta de una campana de extracción, un conducto flexible de 15m de longitud y un extractor.

En primer lugar seleccionamos la velocidad de captura  $V$ , que indica la velocidad necesaria de aire en la zona exterior de la campana para vencer las corrientes exteriores existentes y captar el aire contaminado de dicha zona exterior. Tratándose el agente contaminante a controlar de humos de nanopartículas, se considera una velocidad de captura  $V$  de 0,5m/s. Puesto que el intervalo recomendado por los últimos estudios sobre extracción localizada de nanopartículas está comprendido entre 0,4 y 0,5m/s [9].

Consideramos una campana de forma rectangular, cuya relación entre el ancho y el alto es mayor de 1/5, y que no dispone de deflectores. Según la NTP 672 [8] el caudal de aire  $Q$  viene definido por el tipo de campana, su superficie de captura  $A$ , la velocidad de captura  $V$  y la distancia al contaminante  $x$ .

Para nuestro caso de aplicación y la estructura de campana escogida el caudal viene definido por la siguiente expresión:

$$Q = V(10x^2 + A) \quad (1)$$

El sistema de extracción considerado requiere una velocidad de captura reducida, por lo que el sistema pertenece al grupo de aspiración por bajo vacío. En consecuencia el caudal de circulación por el conducto será elevado. Se define por tanto un caudal de aire de 750 m<sup>3</sup>/h y una distancia entre la boca de aspiración y el punto de generación del contaminante de 0,2m.

Definidos el caudal, la distancia máxima a la cual podemos colocar la entrada de la campana de extracción respecto al origen del contaminante, y la velocidad de captura, obtenemos la superficie de captura máxima.

$$A \leq \frac{Q}{V} - 10x^2 \quad (2)$$

En nuestro caso de aplicación la máxima superficie de captura es:

$$A \leq \frac{750}{3600 \cdot 0,5} - 10 \cdot 0,2^2$$

Por lo que se escoge una campana cuya superficie de captación es de 0,016 m<sup>2</sup>.

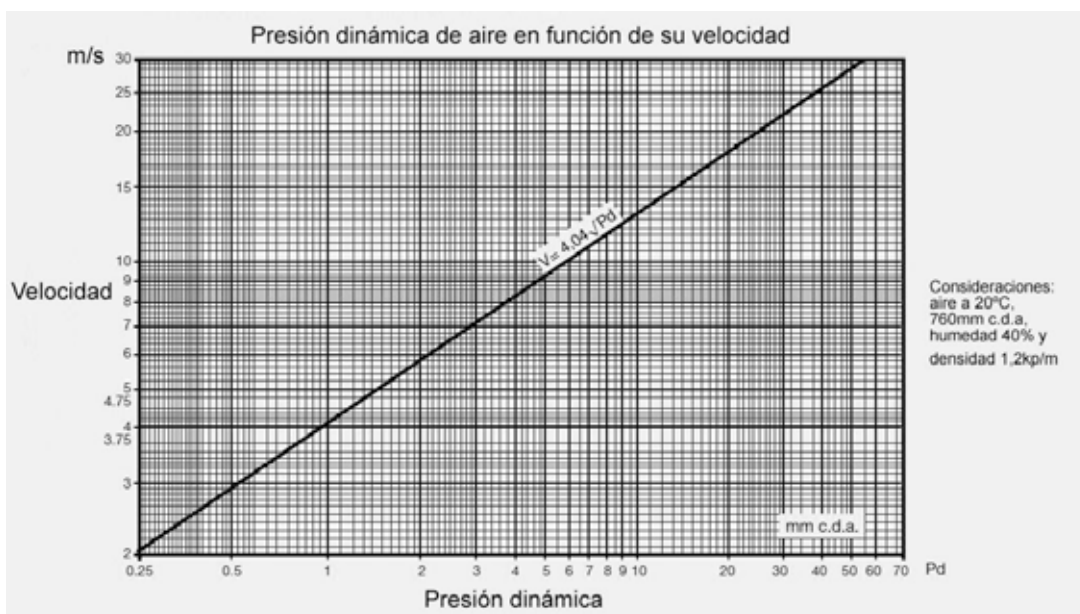


Figura 3. Gráfica de presión dinámica del aire en función de su velocidad.

Figura 4.  
Gráfica pérdida de carga conductos.

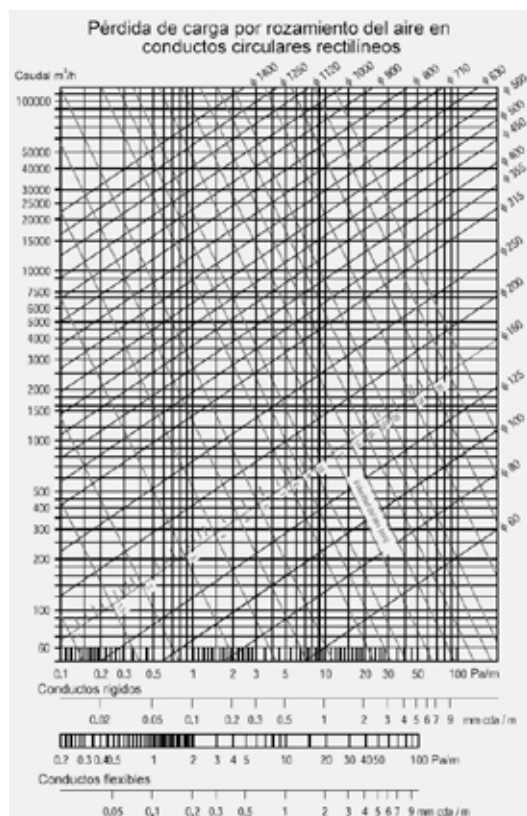
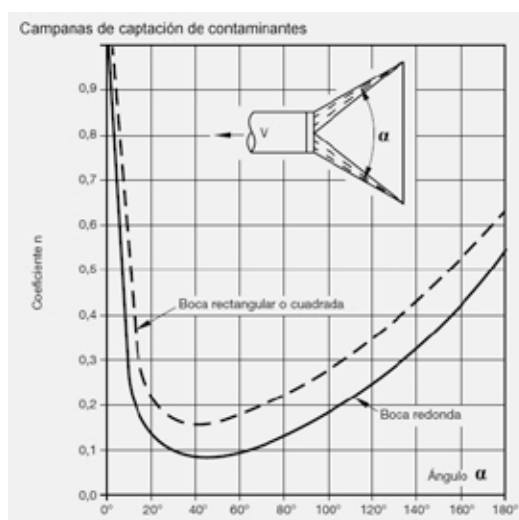


Figura 5. Gráfica campanas de captación.



Una vez captado el contaminante es imperativo garantizar la evacuación del mismo hasta el exterior, por lo que es necesario que la velocidad en el interior de la canalización no permita la sedimentación de las partículas sólidas en suspensión. Se considera una velocidad de aire en el conducto, al tratarse de humos [10], de  $V_c=10\text{m/s}$ , pudiendo calcular la presión dinámica del mismo según la gráfica de la Figura 3.

$$P_d = 6 \text{ mm.c.d.a.}$$

El siguiente paso es calcular el diámetro del conducto en función del caudal  $750 \text{ m}^3/\text{h}$  y de la velocidad de aire  $10\text{m/s}$  en el interior del mismo. Teniendo en cuenta que la sección del conducto ha de ser como máximo el doble de la sección de entrada de la campana [10]. Según la gráfica de la Figura 4 se obtiene el diámetro del conducto,  $d=160\text{mm}$ . A lo que corresponde una pérdida de carga en los conductos flexibles, también obtenida de la misma gráfica, de  $1,7\text{mm.c.d.a./m}$ .

En base al método del coeficiente “n” calculamos la pérdida de carga de cada elemento de la conducción en función de la presión dinámica  $P_d$  y de una serie de coeficientes “n” de proporcionalidad, obtenidos de forma experimental en función de las formas y dimensiones. La fórmula general es:

$$\Delta P = n \times P_d \text{ (mm.c.d.a.)} \quad (3)$$

La pérdida de carga del tramo de conducto es:

$$\Delta P_{cl} = \text{Long. del conducto} \times \text{Pérd. Por m.} = 15 \times 1,7 = 25,5 \text{ mm.c.d.a.}$$

El coeficiente n de la campana se obtiene según la gráfica de la Figura 5 en función del ángulo de la campana,  $70^\circ$ , y de la forma de la misma.

Coeficiente n de la campana: 0,2.

La pérdida debida a la campana es:

El control eficaz de los agentes químicos mediante el uso de extracción localizada no depende únicamente del correcto diseño del sistema de extracción, sino que se ve condicionado además por su adecuada utilización por parte del trabajador

$$\Delta P_{i2} = 0,2 \times 6 = 1,2 \text{ mm.c.d.a.}$$

La pérdida de carga total de la instalación resulta ser:


$$\Delta P = \Delta P_{i1} + \Delta P_{i2} = 25,5 + 1,2 = 26,7 \text{ mm.c.d.a.}$$

Por último hemos de seleccionar un extractor de aire capaz de hacer circular 750 m<sup>3</sup>/h en un sistema que presenta unas pérdidas de 26,7 mm.c.d.a. Para ello se dispondrá un ventilador centrífugo con protección especial que resista la circulación de humos.

## Conclusiones

El control eficaz de los agentes químicos mediante el uso de extracción localizada no depende únicamente del correcto diseño del sistema de extracción, sino que se ve condicionado además por su adecuada utilización por parte del trabajador.

Considerando tales condiciones los sistemas de extracción localizada deberán de ser adaptables y fáciles de utilizar. Además ha de concienciarse a los trabajadores de la importancia de su uso así como establecer la adecuada formación en materia preventiva respecto al uso de sistemas de extracción y manejo de sustancias químicas.

El adecuado diseño del sistema de extracción localizada y la ergonomía del mismo son factores claves para garantizar un adecuado uso por parte de los trabajadores y evitar así que se generen atmósferas peligrosas para la salud, ocasionadas por una utilización deficiente de los sistemas de extracción. 

## REFERENCIAS

- [1] "Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health". Edita European Agency for Safety and Health at Work, 2009.
- [2] Aguayo González, Francisco. Nanotecnología y nanoquímica. Sevilla Técnica, vol. 36, junio 2011.
- [3] Savolainen, K. Risk assessment of engineered nanomaterials and nanotechnologies—A review. Toxicology, vol. 269, 92–104, 2010.
- [4] M. Zalk, D. Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures. Journal of Nanoparticle Research, vol. 11, 1685–1704, 2009.
- [5] "Riesgos nuevos y emergentes para la seguridad y salud en el trabajo". Edita Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo.
- [6] "Agentes Químicos. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos". Edita INSHT, 2002.
- [7] Falagán Rojo, M. J. Higiene industrial aplicada. Editorial Fundación Luis Fernández Velasco, España, 2009.
- [8] "NTP 672: Extracción localizada en el laboratorio". Edita INSHT, 2002.
- [9] SU-JUNG, T. Airborne Nanoparticle Exposures while Using Constant-Flow, Constant-Velocity, and Air-Curtain-Isolated Fume Hoods. The Annals of Occupational Hygiene (Oxford Journals), Vol. 54, No. 1, 78–87, 2010.
- [10] Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau. Edita S&P, 2009.



**Luftec**  
**SCHAKO**  
AIRE + AGUA + TECNOLOGIA<sup>2</sup>

**LUFTEC, S.L.**  
Tf.: 976.53.19.99  
e-mail: zaragoza@luftec-schako.com







